

## PENGENDALIAN PAPARAN RADIASI DI RUANG PENYIMPANAN SEMENTARA BATU TOPAZ PASCA IRADIASI DI RSG-GAS

### EXPOSURE CONTROL OF RADIATION AT TEMPORERY STORAGE ROOM FOR TOPAZ STONE POST IRADIATION IN RSG-GAS

Anto Setiawanto<sup>1</sup>, Rohidi<sup>2</sup>, Puspitasari Ramadania<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>PRSG-BATAN Kawasan Puspiptek Gd. 30 Serpong, 15310

Email: [antosetiawanto@batan.go.id](mailto:antosetiawanto@batan.go.id)

Diterima: 19 Maret 2018, diperbaiki : 29 Maret 2018, disetujui : 6 April 2018

#### ABSTRAK

**PENGENDALIAN PAPARAN RADIASI DI RUANG PENYIMPANAN SEMENTARA BATU TOPAZ PASCA IRADIASI DI RSG-GAS.** Pemanfaatan RSG-GAS diantaranya adalah mengiradiasi batu topaz. Agar batu topaz siap untuk dikirim ke pengguna maka harus melalui proses peluruhan berkisar 5 s.d 10 tahun di ruang penyimpanan sementara sehingga terjadi penumpukan batu topaz yang mengakibatkan akumulasi paparan radiasi maka harus dilakukan pengendalian agar tidak melebihi batas yang diizinkan. Metode yang dilakukan yaitu menentukan tata letak ruangan, memasang perisai radiasi fleksibel dengan 2 (dua) lapis, pemetaan radiasi gamma didalam ruang penyimpanan dan permukaan pintu ruang. Hasil pengukuran diperoleh paparan radiasi tertinggi di permukaan topaz adalah 9300,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , menggunakan perisai lapis pertama diperoleh 100,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , perisai radiasi lapis kedua adalah 5,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , permukaan pintu luar ruang adalah 4,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dengan demikian paparan dipintu luar ruang tidak melebihi batas yang diizinkan yaitu  $\leq 10 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Sedangkan pekerja radiasi yang akan bekerja di dalam ruang penyimpanan harus memperhatikan kaidah keselamatan yaitu waktu, jarak, perisai dan didampingi oleh petugas proteksi radiasi serta dilakukan pengamatan penerimaan dosis pekerja radiasi agar tidak melebihi 20 mSv/tahun, dengan demikian para pekerja radiasi dapat bekerja secara aman dan terkendali serta aspek keselamatan dapat terpenuhi.

Kata kunci : Pengendalian radiasi, batu topaz, titik pengukuran, peluruhan

#### ABSTRACT

**EXPOSURE CONTROL OF RADIATION AT TEMPORERY STORAGE ROOM FOR TOPAZ STONE POST IRADIATION IN RSG-GAS.** Utilization of RSG-GAS such as irradiating topaz stone. In order for the stone topaz ready to be sent to the user it must go through a decay process ranging from 5 s.d 10 years in temporary storage room so that topaz stone buildup resulting in the accumulation of exposure to radiation it must be controlled so as not to exceed the permitted limits. The method used is to determine the layout of the room, installing a flexible radiation shield with 2 (two) layers, gamma radiation mapping in the storage space and the surface of the room door. The measurements obtained by the highest radiation exposure on the surface of the topaz were 9300.0  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , using the first layer shield obtained 100.0  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , the second layer radiation shield was 5.0  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ , the outdoor door surface was 4.0  $\mu\text{Sv}/\text{h}$  thus exposure outside the room does not exceed the allowed limit of  $\leq 10 \mu\text{Sv}/\text{hr}$ . Whereas radiation workers who will work in the storage room should pay attention to the safety rules of time, distance, shield and accompanied by radiation protection officers and observations of radiation dose workers to be recorded not to exceed 20 mSv/year, thus radiation workers can work safely and controlled and safety aspects can be fulfilled.

**Keywords : Radiation control, topaz stone, measurement point, decay**

## PENDAHULUAN

Berbagai kegiatan iradiasi bahan dari pemanfaatan RSG-GAS telah dilakukan oleh pengguna, salah satunya adalah iradiasi batu topaz<sup>(1)</sup>. iradiasi batu topaz dilakukan secara rutin di dalam kolam reaktor pada posisi iradiasi didalam (*in core*) dan luar teras (*out core*)<sup>(2)</sup>. Bobot batu topaz yang di iradiasi dapat mencapai puluhan kilogram, batu topaz pasca iradiasi diluruhkan terlebih dahulu agar dapat digunakan oleh pengguna. Peluruhan radiasi yang dilakukan dengan tujuan tidak mengganggu keselamatan pekerja maupun lingkungan dari bahaya radiasi.

Peluruhan batu topaz teriradiasi dilakukan dengan cara disimpan pada ruang penyimpanan sementara, proses peluruhan memerlukan waktu sekitar  $\pm 5$  hingga 10 tahun sehingga terjadi penumpukan batu topaz di ruang penyimpanan sementara yang mengakibatkan terjadi akumulasi paparan radiasi di ruang tersebut. Untuk mengatasi terjadinya akumulasi paparan radiasi dan menjamin keselamatan pekerja radiasi di lingkungan RSG-GAS maka dilakukan pengendalian daerah kerja di ruang penyimpanan sementara dengan berpedoman kepada peraturan KA. BAPETEN nomor: 04/Ka-BAPETEN/V-2013 yaitu: Penentuan ruangan tempat penyimpanan sementara, pengendalian akses memasuki ruangan penyimpanan, pengendalian paparan radiasi dengan menggunakan perisai fleksibel ganda, pemetaan paparan radiasi di luar ruangan penyimpanan serta pemberian tanda radiasi di luar ruangan.

Penyimpanan topaz pasca iradiasi ditentukan didalam gedung reaktor level + 8,00 m yang dilengkapi dengan

peralatan akses kontrol berupa CCTV, sehingga dapat digunakan sebagai alat pemantau personil yang akan memasuki ruang penyimpanan. Perisai radiasi fleksibel dengan dua lapis ditempatkan agar dapat dipergunakan untuk menahan paparan radiasi jika terjadi penumpukan batu topaz teriradiasi di dalam ruang penyimpanan sementara. Pengendalian radiasi ruang penyimpanan sementara batu topaz di RSG-GAS dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Tujuan penulisan ini adalah mengendalikan paparan radiasi gamma yang terpancar akibat akumulasi radiasi dari dalam ruang penyimpanan batu topaz teriradiasi serta mengidentifikasi paparan radiasi di beberapa titik pengukuran sebagai acuan pengendalian terhadap batas waktu bekerja bagi pekerja radiasi agar tidak melebihi nilai batas yang diizinkan.<sup>(3)</sup>

## TEORI

Untuk mendukung salah satu program proteksi radiasi di RSG-GAS adalah membatasi penerimaan dosis radiasi bagi pekerja radiasi agar tidak menerima dosis yang melampaui NBD.<sup>(2)</sup> Bahaya radiasi eksterna bagi pekerja radiasi dapat di kendalikan dengan memperhatikan 3 faktor yaitu <sup>(4)</sup> :

- ♦ Waktu. Dengan mengurangi waktu bekerja dengan radiasi maka dosis radiasi yang diterima dapat diminimalkan.
- ♦ Jarak. Semakin besar jarak dari sumber radiasi maka laju dosis di tempat tersebut semakin berkurang.
- ♦ Perisai radiasi (*shielding*). Laju dosis dapat dikurangi dengan memasang penahan radiasi di antara sumber radiasi dengan pekerja radiasi.

Dengan cara ini maka pekerja radiasi dapat bekerja pada jarak yang tidak terlalu jauh dari sumber radiasi.

tahun = 20 mSv, 1 jam = 10 µSv/jam, 1 hari = 80 µSv/jam.  
Rumus untuk mencari batas waktu bekerja dalam 1 hari sebagai berikut :

Dasar perhitungan nilai batas dosis (NBD) bagi pekerja radiasi dalam 1

Paparan Dalam 1 hari

$\frac{\text{Paparan dalam 1 hari}}{\text{Paparan terukur}} \times 60 \text{ menit} = \text{Batas waktu yang diizinkan dalam 1 hari (menit)}$

Berdasarkan perhitungan nilai batas dosis (NBD) bagi pekerja radiasi dalam 1 tahun = 20 mSv sehingga setelah dilakukan pengukuran laju dosis radiasi di area penyimpanan topaz oleh

petugas proteksi radiasi, batasan waktu bekerja dalam 1 hari bagi pekerja radiasi yang akan melakukan pekerjaan di area tersebut maka dapat diidentifikasi sesuai dengan tabel 1.

**Tabel 1.** Paparan radiasi dan batasan waktu bekerja dalam 1 hari

No	Paparan	Batas Waktu Pekerja Dalam Sehari (Menit)	No	Paparan	Batas Waktu Pekerja Dalam Sehari (Menit)
1.	10 µSv/jam	480,0 menit	21.	210 µSv/jam	22,9 menit
2.	20 µSv/jam	240,0 menit	22.	220 µSv/jam	21,8 menit
3.	30 µSv/jam	160,0 menit	23.	230 µSv/jam	20,9 menit
4.	40 µSv/jam	120,0 menit	24.	240 µSv/jam	20,0 menit
5.	50 µSv/jam	98,0 menit	25.	250 µSv/jam	19,2 menit
6.	60 µSv/jam	80,0 menit	26.	260 µSv/jam	18,5 menit
7.	70 µSv/jam	68,8 menit	27.	270 µSv/jam	17,7 menit
8.	80 µSv/jam	60,0 menit	28.	280 µSv/jam	17,1 menit
9.	90 µSv/jam	53,6 menit	29.	290 µSv/jam	16,5 menit
10.	100 Sv/jam	48,0 menit	30.	300 µSv/jam	16,0 menit
11.	110 Sv/jam	43,6 menit	31.	310 µSv/jam	15,5 menit
12.	120 Sv/jam	40,0 menit	32.	320 µSv/jam	15,0 menit
13.	130 Sv/jam	36,9 menit	33.	330 µSv/jam	14,5 menit
14.	140 Sv/jam	34,3 menit	34.	340 µSv/jam	14,1 menit
15.	150 Sv/jam	32,0 menit	35.	350 µSv/jam	13,7 menit
16.	160 Sv/jam	30,0 menit	36.	360 µSv/jam	13,3 menit
17.	170 Sv/jam	28,2 menit	37.	370 µSv/jam	12,9 menit
18.	180 Sv/jam	26,6 menit	38.	380 µSv/jam	12,6 menit
19.	190 Sv/jam	25,3 menit	39.	390 µSv/jam	12,3 menit
20.	200 Sv/jam	24,0 menit	40.	400 µSv/jam	12,0 menit

berdasarkan perhitungan nilai batas dosis (NBD) bagi pekerja radiasi dalam 1 tahun = 20 mSv sehingga

setelah dilakukan pengukuran laju dosis radiasi di area penyimpanan topaz oleh petugas proteksi radiasi, batasan waktu

bekerja dalam 1 hari bagi pekerja radiasi yang akan melakukan pekerjaan di area tersebut maka dapat diidentifikasi sesuai dengan tabel 1.

## METODE

Pengendalian radiasi ruangan dilakukan sebagai berikut :

- a) Menentukan ruangan tempat penyimpanan sementara.
- b) Mengendalikan akses keluar/ masuk ruangan penyimpanan.
- c) Mengendalikan paparan radiasi dengan menggunakan perisai fleksibel ganda dan melakukan pengukuran paparan radiasi gamma di luar ruangan penyimpanan dengan alat survei meter baby line 81 tipe E 793 Sn 1242 serta Pemberian tanda bahaya radiasi. <sup>(5)</sup>

### Menentukan ruangan tempat penyimpanan sementara

Ruang tempat penyimpanan sementara adalah ruang penyimpanan batu topaz pasca iradiasi untuk masa peluruhan paparan radiasi batu topaz sampai diturunkan ketinggian dosis radiasi yang aman sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh RSG-GAS. Menentukan ruang tersebut di tinjau berdasarkan aspek-aspek keselamatan kerja sebagai berikut :

- Ditentukan ruang yang tidak berpotensi untuk lalu lintas personil maka dipilih ruang yang berlokasi di level + 8,00 m didalam gedung reaktor.
- Lokasi gudang penyimpanan batu topaz sementara berjarak cukup dekat dan mudah dijangkau sehingga lalu lintas transportasi batu topaz pasca iradiasi dapat dilakukan dengan mempersingkat waktu, cepat dan aman dalam pelaksanaan pekerjaan, dengan demikian dapat

memperkecil pekerja radiasi dalam menerima paparan radiasi tinggi.

### Mengendalikan akses keluar/ masuk ruangan penyimpanan <sup>(6)</sup>

Karena ruang penyimpanan sementara batu topaz berlokasi di dalam gedung reaktor maka diperlukan beberapa tahapan akses masuk/ keluar ruang tersebut diantaranya :

- Setiap personil yang akan masuk/ keluar gedung reaktor ditetapkan melalui satu pintu masuk yaitu lantai dasar level  $\pm 0,00$  m yang menghubungkan antara gedung tangga dengan gedung reaktor dengan terlebih dahulu melapor kepada petugas shift yang bertugas di ruang pengendalian personil (ruang 208) untuk dicatat maksud dan tujuan pekerjaan serta pengecekan kelengkapan kerja (*jas lab, safety shoes*) dengan dilengkapi TLD atau Pen Dosimeter.
- Untuk akses ke dalam gedung reaktor, personil yang akan masuk harus melapor kepada supervisor atau operator reaktor yang berada di ruang kendali utama (RKU) dengan menyebutkan identitas, maksud dan tujuannya dengan jelas dan dicatat pada log book di RKU, kemudian operator reaktor akan membuka (*release*) pintu.
- Pekerja radiasi yang akan bekerja di ruang penyimpanan harus memiliki izin dari pemegang kunci ruangan yaitu : Ka.subbid. Pelayanan iradiasi atau penanggung jawab ruang penyimpanan.
- Ruang tersebut berdampingan dengan ruang bahan bakar segar (*fresh fuel*) yang dilengkapi dengan peralatan CCTV, sehingga lokasi tersebut memiliki pengendalian akses kontrol yang efektif dan terkendali setiap saat oleh Unit Pengamanan Nuklir <sup>(7)</sup>.

### **Mengendalikan paparan radiasi dengan perisai fleksibel ganda**

Batu topaz yang telah diiradiasi memiliki paparan radiasi tinggi dan sebagai sumber radiasi maka diperlukan pengendalian paparan radiasi di dalam ruang penyimpanan sementara agar pekerja radiasi terhindar dari paparan radiasi tinggi. Dengan penataan penahan radiasi atau *shielding* antara sumber radiasi dengan pekerja radiasi maka dosis radiasi yang diterima dapat diturunkan ketinggian dosis radiasi yang aman. Perisai radiasi dari timah hitam Pb adalah sebagai bahan pelindung akan sangat efektif mengurangi radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi. Langkah-langkah pengendalian paparan radiasi di ruang penyimpanan sementara batu topaz sebagai berikut :

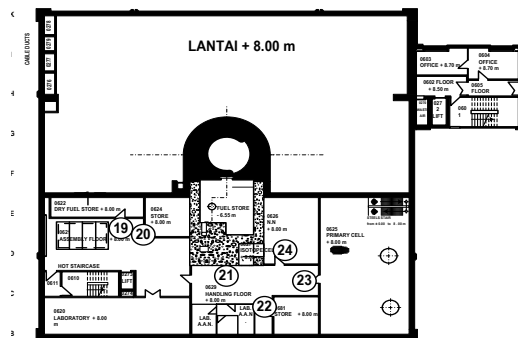
- Menyiapkan peralatan ukur radiasi gamma portabel yang telah terkalibrasi oleh PTKMR – BATAN pasar jumat.
- Penataan dan menempatkan penahan radiasi atau *shielding* dengan penyekat dua lapis dengan bahan Pb antara sumber radiasi dengan pekerja radiasi. Spesifikasi perisai radiasi adalah bahan terbuat dari Pb dalam bentuk lempeng dengan ukuran tebal 3 cm dan tinggi 83 cm.
- Melakukan pengukuran paparan radiasi gamma pada beberapa titik yang telah ditentukan yaitu 3 titik dipermukaan batu topaz teriradiasi secara terbuka (tanpa perisai radiasi), 3 titik dipermukaan perisai pertama dan 3 titik dipermukaan perisai kedua dan mencatat seluruh hasil pengukuran, membandingkan

hasil pengukuran dan menghitung seberapa besar tingkat kenaikannya.

### **Melakukan pemetaan radiasi di luar ruang penyimpanan.<sup>(8)</sup>**

Pengukuran paparan radiasi di luar ruangan dilakukan pada 3 titik di permukaan dinding luar ruangan, 1 titik dipermukaan pintu masuk ruangan dan 1 titik pada jarak 1 (satu) meter dari pintu. Sedangkan untuk titik permukaan pintu ruang secara rutin telah dilakukan pemantauan daerah kerja oleh petugas shift proteksi radiasi. Pemantauan rutin yaitu pemantauan paparan radiasi yang dilaksanakan secara berkala setiap hari untuk mengukur tingkat paparan radiasi pada daerah kerja dan tercatat pada formulir pengendalian daerah kerja (mapping radiasi gamma), lokasi di pintu luar ruang penyimpanan batu topaz pasca iradiasi tercantum pada denah pemetaan mapping radiasi gamma yaitu pada titik pengukuran no 20 di lokasi level + 8,00 m gedung reaktor. Jika terjadi paparan radiasi yang melebihi dari  $R \leq 10 \mu\text{Sv/jam}$  maka dilakukan langkah pengendalian dengan memberi tanda radiasi dan pagar kuning kemudian daerah tersebut di golongkan pada klasifikasikan daerah pengendalian.

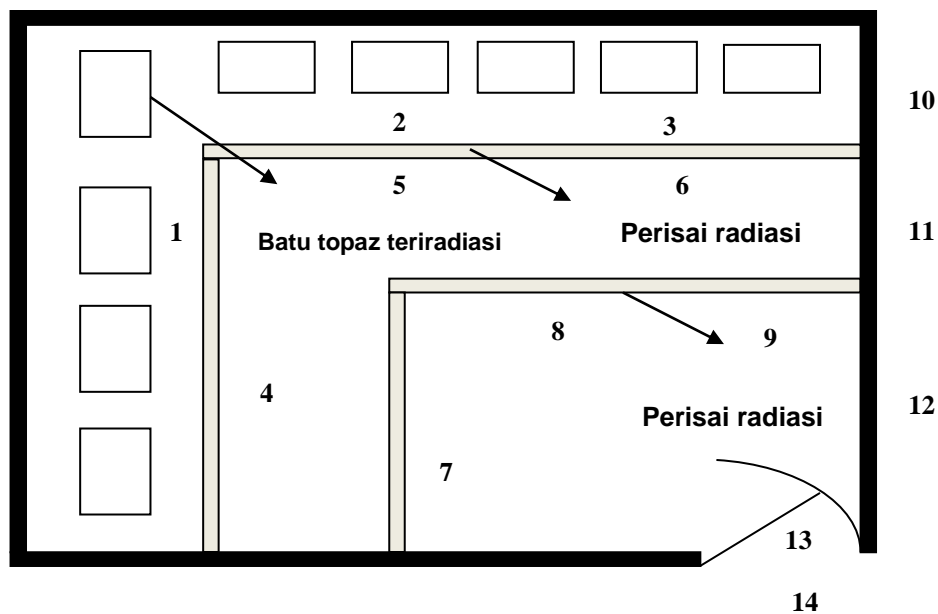
Batu topaz setelah melalui proses iradiasi dari teras reaktor balai operasi level + 13,00 m kemudian dipindahkan ke kolam penyimpanan bahan bakar bekas untuk peluruhan awal kemudian diletakkan pada ruang penyimpanan batu topaz pasca iradiasi yang terletak dilantai + 8,00 m, seperti terlihat pada gambar 1. Titik pengukuran nomor 20 merupakan pintu masuk ruang penyimpanan batu topaz sementara.



**Gambar 1.** Denah *intermediate level* + 8,00 m <sup>(9)</sup>

Spesifikasi ruang penyimpanan batu topaz sementara RSG-GAS adalah sebagai berikut : panjang : 465 cm dan lebar : 427 cm, volume batu topaz yang telah diiradiasi dan dipindahkan dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas saat ini adalah  $\pm 1,3$  ton sedangkan perisai radiasi fleksibel adalah sebagai berikut : bahan PB, panjang 450 cm, lebar 325 cm, tinggi 83 cm, Tebal 3 cm

Denah bagian dalam ruang penyimpanan sementara dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Denah bagian dalam ruang penyimpanan batu topaz sementara dan titik pengukuran

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran paparan radiasi pada masing-masing titik

pengukuran di ruang penyimpanan sementara dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 2.** Pengukuran paparan radiasi di ruang penyimpanan sementara

Titik pengukuran	Paparan radiasi terukur (dalam $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )	Keterangan
1	400,0	Permukaan wadah
2	6700,0	Permukaan wadah
3	9300,0	Permukaan wadah
4	28,0	Perisai radiasi 1
5	54,0	Perisai radiasi 1
6	100,0	Perisai radiasi 1
7	3,6	Perisai radiasi 2
8	5,0	Perisai radiasi 2
9	4,0	Perisai radiasi 2
10	18,0	Permukaan dinding luar
11	1,0	Permukaan dinding luar
12	0,5	Permukaan dinding luar
13	4,0	Permukaan pintu
14	1,6	Jarak 1 meter dari pintu

Dari hasil pengukuran, perhitungan dan perbandingan maka diperoleh hasil sebagai berikut : Pengukuran tingkat paparan radiasi tanpa perisai radiasi di permukaan wadah topaz teriradiasi pada titik No. 1 lebih kecil dibandingkan dengan titik No. 2 dan 3 karena pada area titik No. 1 merupakan lokasi penyimpanan

topaz teriradiasi yang telah mengalami peluruhan  $\pm 10$  tahun dan siap untuk disortir sedangkan pada titik pengukuran No. 2 dan 3 merupakan lokasi penyimpanan topaz teriradiasi dengan periode peluruhan 1 s.d 2 tahun. Setelah menggunakan perisai radiasi lapis pertama maka diperoleh hasil pengukuran paparan radiasi tertinggi 100,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , sedangkan pengukuran pada permukaan perisai radiasi lapis kedua adalah 5,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Pada dinding luar ruang penyimpanan tertinggi pada titik No. 10 yaitu 18,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  hal ini disebabkan posisi titik pengukuran berbatasan langsung dengan area topaz teriradiasi pada titik No. 3 dan perlu dilakukan pemasangan perisai radiasi pada area tersebut agar paparan di luar dinding tidak melebihi batas pekerja

radiasi yaitu 10  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Pengukuran paparan radiasi pada permukaan pintu luar ruang adalah 4,0  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan jarak 1 meter adalah 1,6  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ .<sup>(10)</sup>



**Gambar 3.** Wadah batu topaz pasca iradiasi didalam ruang penyimpanan



**Gambar 4.** Perisai radiasi didalam ruang penyimpanan

Letak wadah penyimpanan batu topaz di dalam ruang penyimpanan pada gambar 3 dan tata letak perisai radiasi fleksibel berlapis (ganda) didalam ruang penyimpanan dapat dilihat pada gambar 4, dengan tujuan untuk memperkecil paparan radiasi.

**KESIMPULAN**

Dari hasil pemantauan dan pengendalian paparan radiasi di ruang penyimpanan topaz sistem penataan perisai radiasi berlapis terhadap ruang penyimpanan batu topaz pasca iradiasi cukup efektif dalam menahan paparan radiasi gamma. paparan radiasi tertinggi di permukaan wadah (area 1) = 9300,0  $\mu\text{Sv/jam}$ , paparan radiasi setelah *shielding* (area 2) = 100,0  $\mu\text{Sv/jam}$ , paparan radiasi setelah *shielding* (area 3) = 5,0  $\mu\text{Sv/jam}$ . Batas waktu bekerja bagi pekerja radiasi dapat mengacu pada tabel no.1, dengan demikian petugas proteksi radiasi dapat menentukan waktu yang aman dan terkendali, melalui mekanisme ini diharapkan penerimaan dosis radiasi bagi pekerja radiasi dapat terkendali sekecil mungkin dan tidak melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang diizinkan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Standar Operasional Prosedur, "Iradiasi," nomor : SOP 001.002/RN.00.01/RSG, 2016.
- [2] Standar Operasional Prosedur, "Pengelolaan Batu Topaz Pasca Iradiasi," nomor : SOP 008.003/RN.00.01/RSG.2.1, 2016.
- [3] Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi RSG-GAS tahun 2016
- [4] Peraturan KA. BAPETEN nomor : 04/Ka-BAPETEN/V-2013, tentang "Proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir," 2013
- [5] "Prosedur pengelolaan peralatan proteksi radiasi portabel di RSG-GAS," nomor ident. RSG.KK, 36.03.61.11, 2011.
- [6] Standar Operasional Prosedur, "Pengendalian personil di lingkungan RSG-GAS," nomor : 024.002/KN.00.01/RSG.4, 2017.
- [7] Standar Operasional Prosedur, "Pengoperasian CCTV di PRSG," nomor : 001.003/WP.01.03/RSG.6, 2017.
- [8] Standar Operasional Prosedur, "Pengendalian Daerah Kerja Bahaya Radiasi di RSG-GAS," nomor : 029.002/KN.00.01/RSG.4, 2018.
- [9] LAK. RSG-GAS Rev.10.1. PRSG – BATAN.
- [10] Standar Operasional Prosedur Pemantauan dan Pengendalian Radiasi Gamma di RSG-GAS No. 020 003/KN 00 01/RSG 4.1